

FICHE 1**Fiche à destination des enseignants****TS 27****La chimie verte une chimie respectueuse de l'environnement**

<i>Type d'activité</i>	<i>Activité avec étude documentaire</i>	
	<p>Notions et contenus du programme de Terminale S</p> <p>Apport de la chimie au respect de l'environnement Chimie durable : - économie d'atomes ; - limitation des déchets ; - agro ressources ; - chimie douce ; - choix des solvants ; - recyclage. Valorisation du dioxyde de carbone.</p>	<p>Compétences exigibles du programme de Terminale S</p> <p>Compétences attendues Extraire et exploiter des informations en lien avec :</p> <ul style="list-style-type: none">- la chimie durable,- la valorisation du dioxyde de carbone <p>pour comparer les avantages et les inconvénients de procédés de synthèse du point de vue du respect de l'environnement.</p>
	<p>Compétences du préambule du cycle terminal</p> <p>Démarche scientifique Mettre en œuvre un raisonnement Rechercher, extraire et organiser l'information utile Mobiliser ses connaissances Présenter la démarche suivie Communiquer à l'écrit</p>	
<i>Commentaires sur l'exercice proposé</i>	Cette activité illustre la partie « Agir : défis du XXI^{ème} siècle » et la sous-partie « Economiser les ressources et respecter l'environnement » du programme de Terminale S.	
<i>Conditions de mise en œuvre</i>	En classe ou à la maison.	

FICHE 2

Texte à distribuer aux élèves

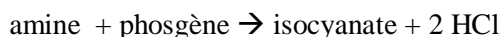
TS 27

La chimie verte une chimie respectueuse de l'environnement

DOCUMENT 1 SYNTHÈSE DES ISOCYANATES

Les isocyanates sont beaucoup utilisés dans la production de mousses flexibles ou rigides, de fibres, de revêtements comme des peintures et des vernis, et d'élastomères. Leurs diverses applications se trouvent dans l'industrie automobile, la réparation de carrosseries, et les matériaux d'isolation dans le bâtiment.

La production industrielle des fonctions isocyanates $R-N=C=O$ est basée principalement sur l'utilisation du phosgène comme réactif.



A température ambiante, le phosgène est un gaz toxique principalement pour les voies respiratoires où il provoque la formation d'œdèmes pulmonaires.

Récemment, des industriels ont trouvé un procédé pour synthétiser des isocyanates en faisant réagir directement du dioxyde de carbone avec des amines. Le dioxyde de carbone est alors qualifié de réactif vert.

Abondant dans la nature, le dioxyde de carbone pose peu de problèmes sanitaires.

DOCUMENT 2 SYNTHÈSE DE L'IBUPROFÈNE

L'ibuprofène fait partie des antidouleurs en vente libre les plus répandus. La molécule du principe actif a été découverte par la société Boots dans les années 1960 qui a breveté une méthode qui a longtemps été choisie pour la production industrielle. Cette synthèse a permis de produire annuellement des milliers de tonnes d'ibuprofène mais elle s'est accompagnée de la formation d'une quantité encore plus importante de sous-produits non utilisés et non recyclés qu'il a fallu détruire ou retraiter. Dans les années 1990, la société BHC a mis au point un procédé « vert ».

Le procédé Boots fait appel à 6 réactions alors que le procédé BHC ne fait appel qu'à 3 réactions. Le sous-produit obtenu dans le procédé HBC est unique. Il s'agit d'acide éthanoïque qui est séparé du mélange réactionnel et purifié. L'unité de production d'ibuprofène est dans la pratique couplée à une unité de production d'acide éthanoïque. Il est en particulier un précurseur de l'acétate de vinyle $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$ dont le polymère est utilisé pour fabriquer des peintures et des adhésifs.

DOCUMENT 3 LES BIOCARBURANTS

La diminution inéluctable des réserves fossiles et le changement climatique rendent nécessaires le développement des nouvelles sources d'énergie. [...] Mais depuis les chocs pétroliers des années 1970, les biocarburants connaissent un retour en grâce, qui devrait s'accroître avec la raréfaction du pétrole et la hausse de son coût.

Trois générations de biocarburants ont été élaborées. La première exploite la partie « consommable » de plantes terrestres riches soit en sucre (betterave, blé, canne à sucre...), soit en huiles (tournesol, colza...). Les sucres sont transformés en bioéthanol par fermentation et les huiles en biodiesel par trans-estérification. Ces biocarburants de première génération ont de nombreux défauts : la faible productivité surfacique des champs (en tout cas sous nos latitudes) et la compétition avec la production alimentaire font que le bilan environnemental est contesté. [...]

La deuxième génération de biocarburants est à un stade préindustriel. Elle exploite la partie non consommable de la biomasse c'est-à-dire la ligno-cellulose (bois, paille, feuilles...), un polymère complexe qui est converti en biocarburant via divers procédés biologiques (fondés sur des enzymes ou microorganismes) ou thermo-chimiques.

Même si les biocarburants de deuxième génération joueront probablement un rôle important dans l'avenir, des surfaces considérables devront être cultivées pour couvrir nos besoins en énergie et le problème de la compétition avec l'alimentation pour l'usage des terres se posera encore. Dès lors l'avènement de la troisième génération est nécessaire.

Celle-ci utilise des micro-organismes photosynthétiques (des micro-algues) pour la production d'huiles. Elle en est encore à un stade de développement précoce.

Les micro-algues sont des organismes photosynthétiques eucaryotes abondants dans toutes sortes de milieu naturels, dont les eaux douces ou saumâtres, les milieux marins, les eaux infiltrées dans les sols, et même la neige... [...] Un avantage,

les micro-algues peuvent être cultivées sur des zones diverses (désert, friches urbaines ou industrielles...), ce qui limite la compétition avec d'autres usages, notamment alimentaires. Les cultures peuvent s'effectuer en milieu confiné, autorisant un recyclage de l'eau et des éléments minéraux (azote, phosphore...) nécessaires à leur croissance. Enfin, les micro-algues ont un meilleur rendement de conversion de l'énergie solaire par la photosynthèse que les végétaux terrestres : le rendement maximal théorique de la photosynthèse est de 12 %, c'est-à-dire que 12 % de l'énergie solaire se retrouvent stockés sous forme de composés organiques dans les cellules, et des valeurs proches de 10 % sont atteintes en laboratoire avec des micro-algues. En comparaison, le rendement des plantes terrestres dépasse rarement 1 à 2 %.

D'après le dossier Pour La Science sur les océans-Décembre 2011.

DOCUMENT 4 LE DIOXYDE DE CARBONE SUPERCRITIQUE

Le gaz carbonique (CO₂), comprimé à une pression de 74 bars et à des températures supérieures à 31°C, devient supercritique. Dans cet état intermédiaire de la matière, il est aussi dense qu'un liquide, avec une viscosité aussi faible que celle d'un gaz.

Cosmétique, agroalimentaire, pharmacie et même nucléaire, ces industries s'intéressent aujourd'hui à un nouveau type de solvant organique : le CO₂ supercritique (CO₂SC). Cet état particulier confère au gaz carbonique des propriétés remarquables, parmi lesquelles celle d'être un solvant propre qualifié de solvant vert.

[...] Tout récemment, les chercheurs ont réussi à générer en milieu CO₂SC des nanoparticules d'oxyde de titane, très recherchées dans la cosmétique pour leur action anti-UV. Le CO₂SC, surtout employé pour l'extraction de molécules – la première application industrielle étant la décaféination du café – s'est avéré, au fil des recherches, très performant dans d'autres procédés chimiques, tels que la synthèse de particules.

« Le CO₂SC est un milieu réactionnel très intéressant, avec un bon pouvoir solvant permettant des vitesses de réaction élevées, et il se sépare complètement des produits finaux », explique Bruno Fournel, chef du laboratoire des fluides supercritiques. En effet, le CO₂SC, ne laisse aucun résidu (à la différence des autres solvants comme l'hexane ou le chloroforme), puisqu'il retourne à son état gazeux, disparaissant immédiatement du produit final. De plus, il ne génère aucun effluent, si ce n'est du CO₂ réutilisable. Autre avantage de taille : le CO₂SC est un milieu de synthèse qui permet d'ajuster les caractéristiques des particules (taille ou texture) en jouant simplement sur les conditions de pression ou de température. C'est ainsi que les chercheurs ont pu obtenir des particules d'oxyde de titane de taille nanométrique, si homogènes qu'elles s'assemblent spontanément en structure cristalline : « un gramme de ces nanoparticules correspond à une surface active de plusieurs centaines de mètres carrés », indique le chercheur. Une aubaine pour tous les chimistes cherchant à fabriquer des catalyseurs dont l'efficacité dépend de la surface de contact avec le milieu réactionnel. C'est surtout un résultat incroyable, obtenu à des « basses » températures comprises entre 100 °C et 250 °C, alors qu'il nécessiterait une température de 350 à 450 °C pour une synthèse réalisée à pression atmosphérique (1,01 bar) – résultat qui n'aurait jamais été atteint avec les modes traditionnels de synthèse et qui, de plus, consomme moins d'énergie. Ces faibles températures sont par ailleurs un atout considérable puisqu'elles permettent de traiter des matières végétales sans altérer leurs propriétés pharmaceutiques, qui proviennent souvent de certains composés fragiles.

Avec le CO₂SC, tout semble donc permis ! Il y a quelques années, le laboratoire des fluides supercritiques avait même déclenché une petite révolution dans le monde viticole avec la technologie Diam, supprimant le fameux goût de bouchon du liège par la simple extraction de la molécule précurseur.

D'après la brochure Les défis du CEA mars 2006.

Question 1

Quels problèmes pose actuellement la production des biocarburants ?

Question 2

Dans la synthèse des biocarburants, préciser les avantages des micro-algues sur les végétaux classiques.

Question 3

Expliquer ce qu'est du dioxyde de carbone supercritique. En donner quelques caractéristiques.

Question 4

En utilisant les informations du document 4 et vos connaissances, expliquer les avantages, du point de vue de la chimie, du CO₂SC.

Question 5

Citer des applications du CO₂SC en les justifiant.

Question 6

Dans les différents documents, les expressions : « réactif vert », « procédé vert », « solvant vert » sont utilisées. Expliquer en quoi ce réactif, ce procédé et ce solvant peuvent être qualifiés de « vert ».

Question 7

D'après ces documents et votre propre réflexion, établir un cahier des charges pour définir une chimie verte respectueuse de l'environnement.